

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 06 786 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
F 02 M 47/02
F 02 M 45/00

⑳ Aktenzeichen: 100 06 786.7
㉔ Anmeldetag: 18. 2. 2000
㉕ Offenlegungstag: 30. 8. 2001

㉑ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

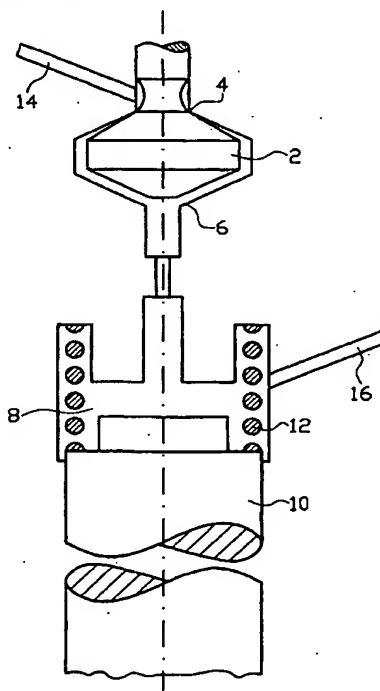
㉒ Erfinder:
Boecking, Friedrich, 70499 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Einspritzeinrichtung und Verfahren zum Einspritzen von Fluid

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Einspritzeinrichtung mit einem Steuerventil (2), einem Stellelement zum Betätigen des Steuerventils (2), einer Einspritzdüse, welche von dem Steuerventil (2) über Druckaufbau bzw. Druckabbau in einem Steuerraum (8) steuerbar ist, wobei das Steuerventil (2) mindestens zwei Schaltzustände hat und sich in einem ersten Schaltzustand des Steuerventils (2) ein erster Druck in dem Steuerraum (8) einstellt, bei dem die Einspritzdüse geschlossen ist, und sich in einem zweiten Schaltzustand des Steuerventils (2) ein zweiter Druck in dem Steuerraum (8) einstellt, bei dem die Einspritzdüse geöffnet ist, wobei das Steuerventil (2) mindestens einen dritten Schaltzustand hat, in dem sich ein dritter Druck in dem Steuerraum (8) einstellt, welcher zwischen dem ersten Druck und dem zweiten Druck liegt und bei dem die Einspritzdüse geöffnet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Einspritzen von Fluid, bei dem die erfindungsgemäße Einspritzeinrichtung zum Einsatz kommt.



DE 100 06 786 A 1

DE 100 06 786 A 1

Die Erfindung betrifft eine Einspritzeinrichtung mit einem Steuerventil, einem Stellelement zum Betätigen des Steuerventils und einer Einspritzdüse, welche von dem Steuerventil über Druckaufbau bzw. Druckabbau in einem Steuerraum steuerbar ist, wobei das Steuerventil mindestens zwei Schaltzustände hat und sich in einem ersten Schaltzustand des Steuerventils ein erster Druck in dem Steuerraum einstellt, bei dem die Einspritzdüse geschlossen ist, und sich in einem zweiten Schaltzustand des Steuerventils ein zweiter Druck in dem Steuerraum einstellt, bei dem die Einspritzdüse geöffnet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Einspritzen von Fluid, bei dem ein Stellelement elektrisch angesteuert wird, das Stellelement ein Steuerventil betätigt, durch die Betätigung des Steuerventils ein Druck in einem Steuerraum aufgebaut oder abgebaut wird und die Einspritzdüse abhängig von dem Druck in dem Steuerraum öffnet oder schließt.

Eine gattungsgemäße Vorrichtung und ein gattungsgemäßes Verfahren sind bekannt und kommen bevorzugt bei Speichereinspritzsystemen ("Common-Rail") zum Einsatz. Bei der Speichereinspritzung sind Druckerzeugung und Einspritzung entkoppelt. Der Einspritzdruck wird unabhängig von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge erzeugt und steht im "Rail" (Kraftstoffspeicher) für die Einspritzung bereit. Einspritzzeitpunkt und Einspritzmenge werden in einem elektronischen Steuergerät berechnet und von der Einspritzeinrichtung an jedem Motorzylinder über ein angesteuertes Stellelement umgesetzt. Als Stellelemente werden im allgemeinen Magnetventile und Piezoaktoren eingesetzt. Die Einspritzeinrichtung kann somit praktisch kontinuierlich mit dem Druck aus dem Common-Rail von zum Beispiel 1000 bis 2000 bar versorgt werden. Dieser hohe Druck des Fluids wird dann einerseits dazu benutzt, eine Einspritzung mit hohem Einspritzdruck vorzunehmen, wobei ein hoher Druck einen positiven Einfluß auf die Schadstoffemissionen und den Kraftstoffverbrauch hat. Zum anderen wird das Fluid auch für den hubgesteuerten Betrieb des Systems genutzt.

Grundsätzlich ist es nicht zu vermeiden, daß bei hubgesteuerten Einspritzsystemen ein gewisser Anteil des Fluids in ein Lecksystem abgeführt werden muß. Dieses Lecksystem steht dann im allgemeinen mit einem Kraftstofftank in Verbindung, so daß die Leckmenge aus der Einspritzeinrichtung in den Kraftstofftank zurückgeführt werden kann. Im allgemeinen ist es erwünscht die auftretenden Leckmengen zu reduzieren, da diese den Wirkungsgrad des Einspritzsystems verringern und weitere Nachteile, zum Beispiel im Hinblick auf die Leistungsanforderungen der Hochdruckpumpe, mit sich bringen.

Bei der gattungsgemäßen Einspritzeinrichtung treten Leckmengen an mehreren Stellen und während mehrerer Funktionszustände des Systems auf. Beispielsweise steht die Druckkammer der Einspritzdüse unter anderem über die Führung der Druckstange der Einspritzdüse mit dem vorzugsweise unmittelbar an die Druckstange angrenzenden Steuerraum der Einspritzeinrichtung in Verbindung. Wird nun der Druck in dem Steuerraum abgebaut, um die Druckstange zu entlasten und ein Öffnen der Einspritzdüse zu ermöglichen, kommt es zu einer großen Druckdifferenz zwischen dem Steuerraum, welcher zur Entlastung mit einem Lecksystem in Verbindung steht, und der Druckkammer der Einspritzdüse, in welchem der Druck des Common-Rail vorliegt. Es kommt also zu einem Überströmen von Kraftstoff aus der Druckkammer der Einspritzdüse in den Steuer-

raum und letztlich in das Lecksystem. Die Führungen der Druckstange wirken wie eine Zulaufdrossel (Z-Drossel), was im druckentlasteten Zustand des Steuerraums ein unerwünschter Nebeneffekt ist. Insbesondere sind für schnelle Schaltvorgänge ohnehin Drosseln (sowohl Zulaufdrosseln als auch Ablaufdrosseln) erforderlich. Hierdurch ist es besonders wünschenswert, die Leckmenge während des geöffneten Zustandes des Steuerventils zu verringern.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Einspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1 baut auf dem Stand der Technik dadurch auf, daß das Steuerventil mindestens einen dritten Schaltzustand hat, in dem sich ein dritter Druck in dem Steuerraum einstellt, welcher zwischen dem ersten Druck und dem zweiten Druck liegt und bei dem die Einspritzdüse geöffnet ist. Auf diese Weise wird den Nachteilen des Standes der Technik entgegengetreten. Wird der Steuerraum durch die Betätigung des Steuerventils druckentlastet, so liegt eine hohe Druckdifferenz zwischen dem Steuerraum und der Druckkammer der Einspritzdüse vor. Diese ist einerseits erwünscht, damit die Einspritzdüse schnell öffnet, andererseits bringt sie den Nachteil mit sich, daß große Kraftstoffmengen von der Druckkammer über die Führung der Druckstange der Einspritzdüse in den Steuerraum und letztlich in das Lecksystem überströmen. Mit der Erfindung ist es nun möglich, einerseits für ein schnelles Öffnen der Einspritzdüse zu sorgen, indem nämlich der Steuerraum in der üblichen Weise schnell entlastet wird, dann aber wiederum für einen gewissen Druckaufbau in dem Steuerraum zu sorgen. Dieser Druckaufbau im Steuerraum verringert einerseits die Druckdifferenz zwischen dem Steuerraum und der Druckkammer der Einspritzdüse und folglich das Überströmen von Fluid in den Steuerraum und in das Lecksystem, andererseits kann der Druck jedoch so gewählt werden, daß die Einspritzdüse in ihrem geöffneten Zustand bleibt. Weiterhin ist es vorteilhaft, daß bereits vor dem Schließen der Einspritzdüse ein gewisser Druckaufbau in dem Steuerraum stattgefunden hat, so daß der nachfolgende Druckaufbau, welcher zum Schließen der Einspritzdüse führt, nur eine geringere Druckdifferenz überwinden muß, was zu einem schnelleren Schließen der Einspritzdüse aufgrund der verringerten Schaltverzögerung führt.

Vorzugsweise ist das Stellelement ein Piezoaktor, welcher durch elektrische Ansteuerung eine Längenänderung erfährt. Piezoaktoren haben sich beim Einsatz in Einspritzeinrichtungen bewährt, insbesondere aufgrund ihrer kleinen Bauform und ihrer zuverlässigen Arbeitsweise. Im vorliegenden Fall ist der Einsatz von Piezoaktoren besonders nützlich, da ihre Längenänderung durch die Parameter der elektrischen Ansteuerung (zum Beispiel Spannung, Impulsdauer) in einfacher Weise beeinflussbar ist.

Vorzugsweise hat das Steuerventil einen vierten Schaltzustand, in dem sich ein Druck in dem Steuerraum einstellt, bei dem die Einspritzdüse geschlossen ist. Dies kann die zyklische Arbeitsweise des Steuerventils erleichtern, insbesondere im Hinblick auf eine Einspritzverlaufsformung und eine Voreinspritzung.

Die Erfindung bringt bei einer solchen Einspritzeinrichtung besondere Vorteile mit sich, bei der der Steuerraum teilweise von einer Stirnfläche einer Druckstange der Einspritzdüse begrenzt ist. Der Steuerraum grenzt also unmittelbar an die Druckstange an, was das Übertreten von Fluid aus der Druckkammer in den Steuerraum bei vorliegender Druckdifferenz begünstigt. Die Verringerung der Druckdifferenz hat also bei einem solchen System eine besonders starke Wirkung.

Vorzugsweise ist die Druckstange von elastischen Mitteln mit Kraft beaufschlagt. Diese elastischen Mittel, vorzugsweise eine Spiralfeder, halten die Einspritzdüse sicher in einem definierten Zustand.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß sich das Steuerventil in dem ersten Schaltzustand in einem ersten Ventilsitz befindet, so daß der Steuererraum von einem Lecksystem getrennt ist, daß sich das Steuerventil in dem zweiten Schaltzustand nicht in einem Ventilsitz befindet, so daß der Steuererraum mit einem Lecksystem über einen ersten Strömungsquerschnitt verbunden ist und daß sich das Steuerventil in dem dritten Schaltzustand nicht in einem Ventilsitz befindet, so daß der Steuererraum mit einem Lecksystem über einen zweiten Strömungsquerschnitt verbunden ist, wobei der erste Strömungsquerschnitt größer ist als der zweite Strömungsquerschnitt. Durch die geeignete Wahl der Strömungsquerschnitte des Steuerventils kann in besonders einfacher Weise der Druckaufbau in dem Steuererraum gewählt werden. Beispielsweise kann der erste Strömungsquerschnitt der maximal mögliche Strömungsquerschnitt des Steuerventils sein, das heißt, das Steuerventil ist vollständig geöffnet. Der zweite Strömungsquerschnitt ist dann kontinuierlich zwischen dem geschlossenen Zustand des Steuerventils (Strömungsquerschnitt 0) und dem vollständig geöffneten Zustand mit maximalem Strömungsquerschnitt einstellbar. Der richtige Druckaufbau im zweiten Schaltzustand des Steuerventils läßt sich also über die Charakteristik des Steuerventils ermitteln.

Es kann vorteilhaft sein, wenn sich das Steuerventil in einem vierten Schaltzustand in einem zweiten Ventilsitz befindet, so daß der Steuererraum von einem Lecksystem getrennt ist. Der Druckaufbau in dem Steuererraum zum Schließen der Einspritzdüse erfolgt also auch bei dieser Variante durch das Schließen des Steuerventils, allerdings über einen zweiten Ventilsitz. Bei geeigneter Anordnung des zweiten Ventilsitzes kann ein Öffnen und nachfolgendes Schließen der Einspritzdüse also durch eine ausschließliche Ausdehnung des Stellelementes erfolgen. Ein nachfolgender (Teil-)Zyklus erfolgt dann durch eine ausschließliche Längenverkürzung.

Vorzugsweise wird der Einspritzdruck von einem Common-Rail erzeugt. Gerade bei diesem System, wo praktisch in der Druckkammer der Einspritzdüse kontinuierlich ein hoher Druck vorliegt ist die Erfindung nützlich. Der hohe Druck in der Druckkammer der Einspritzdüse zieht eine hohe Druckdifferenz zwischen der Druckkammer und dem Steuererraum nach sich. Eine Verminderung dieser Druckdifferenz durch eine Änderung des Druckes im Steuererraum kann die Nachteile aufgrund zu großer auftretender Leckmengen zumindest teilweise beseitigen.

Die Erfindung baut gemäß Anspruch 9 auf dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch auf, daß durch das Ansteuern des Stellelementes das Steuerventil zunächst von einem ersten Schaltzustand in einen zweiten Schaltzustand von mindestens drei Schaltzuständen gebracht wird, wodurch der Druck in dem Steuererraum abgebaut wird und die Einspritzdüse öffnet, daß durch weitergehendes Ansteuern das Stellelement das Steuerventil in einen dritten Schaltzustand von mindestens drei Schaltzuständen gebracht wird, wodurch ein Druck in dem Steuererraum aufgebaut wird und die Einspritzdüse in geöffnetem Zustand bleibt und daß durch weitergehendes Ansteuern des Stellelementes das Steuerventil in einen weiteren Schaltzustand gebracht wird, in dem ein Druck in dem Steuererraum weitergehend aufgebaut wird, wodurch die Einspritzdüse schließt. Auf diese Weise wird also nach dem Öffnen der Einspritzdüse, was durch eine Entlastung des Steuererraums erfolgt, der Druck in dem Steuererraum wieder teilweise aufgebaut, ohne daß die Einspritzdüse schließt. Es kann also einerseits der schnelle Druckab-

bau erfolgen, welcher ein schnelles Öffnen der Einspritzdüse ermöglicht; andererseits wird die Druckdifferenz zwischen der Druckkammer der Einspritzdüse und dem Steuererraum und somit auch die Leckmenge reduziert.

Es kann bevorzugt sein, daß sich das Steuerventil in dem ersten Schaltzustand in einem ersten Ventilsitz befindet und daß der weitere Schaltzustand dem ersten Schaltzustand entspricht. Das Steuerventil kehrt also zur Beendigung des Einspritzvorgangs in seine Ausgangsstellung im ersten Ventilsitz zurück.

Vorzugsweise befindet sich das Steuerventil in dem weiteren Schaltzustand in einem zweiten Ventilsitz. Somit können durch die Hin- und Herbewegung des Steuerventils zwischen einem ersten und einem zweiten Ventilsitz und eine entsprechende zwischenzeitliche Positionierung des Steuerventils in einen teilweise geöffneten Zustand die erfindungsgemäßen Vorteile verwirklicht werden.

Es ist bevorzugt, daß in dem ersten Schaltzustand des Steuerventils und dem weiteren Schaltzustand des Steuerventils der Steuererraum von einem Lecksystem getrennt wird und daß in dem zweiten Schaltzustand des Steuerventils und dem dritten Schaltzustand des Steuerventils der Steuererraum mit dem Lecksystem verbunden wird. Die Druckentlastung des Steuererraums erfolgt also durch die Verbindung des Steuererraums mit einem Lecksystem, während der Druckaufbau durch eine Entkopplung des Steuererraums von dem Lecksystem stattfindet.

Dabei ist besonders bevorzugt, daß der Strömungsquerschnitt durch das Steuerventil in dem zweiten Schaltzustand des Steuerventils größer ist als in dem dritten Schaltzustand des Steuerventils. Die variable Druckeinstellung in dem Steuererraum wird also über den Strömungsquerschnitt des Steuerventils eingestellt.

Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, daß sich die Leckmenge eines Einspritzsystems über die Veränderung des Druckes in dem Steuererraum während der Öffnungsphase der Einspritzdüse verringern läßt. Es ist erkannt worden, daß der Druck in dem Steuererraum in beträchtlichem Maße dem Common-Rail-Druck in der Druckkammer der Einspritzdüse angeglichen werden kann, so daß zwar einerseits ein Schließen der Einspritzdüse noch nicht erfolgt, andererseits aber eine wesentlich geringere Strömung von Fluid aus der Druckkammer in den Steuererraum vorliegt.

Zeichnung

Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die Zeichnung anhand einer speziellen Ausführungsform beispielhaft erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Einspritzeinrichtung in teilweise geschnittener Darstellung;

Fig. 2 zeigt drei Diagramme zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 3 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung der Erfindung.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Einspritzeinrichtung teilweise dargestellt. Ein Steuerventil 2 ist von einem nicht dargestellten Stellelement betätigbar, welches oberhalb des Steuerventils 2 angeordnet ist. Das Steuerventil 2 hat einen ersten Ventilsitz 4 und einen zweiten Ventilsitz 6. Das Steuerventil 2 kommuniziert mit einem Steuererraum 8, welcher teilweise von der Druckstange 10 einer Einspritzdüse begrenzt ist. Die Druckstange 10 wird ferner von einer Feder 12 mit Kraft beaufschlagt, um der Einspritzdüse eine defi-

nierte geschlossene Position zu vermitteln. In dem dargestellten Zustand befindet sich das Steuerventil 2 in seinem ersten Ventilsitz 4, so daß der Steuerraum 8 von einem schematisch durch eine Leitung angedeuteten Lecksystem 14 getrennt ist. Da der Steuerraum 8 mit dem ebenfalls schematisch durch eine Leitung angedeuteten Common-Rail 16 in Verbindung steht, kann sich in dem dargestellten Zustand des Steuerventils 2 der Common-Rail-Druck in dem Steuerraum 8 ausbilden. Folglich werden die Druckstange 10 und somit die Einspritzdüse nach unten gedrückt, was die Einspritzdüse in einem geschlossenen Zustand hält. Verläßt nun das Steuerventil 2 durch eine Betätigung durch das Stellelement seinen ersten Ventilsitz 4, so wird der Steuerraum 8 entlastet. Folglich kann sich die Druckstange 10 der Einspritzdüse nach oben bewegen. Daher öffnet die Einspritzdüse.

In der nicht dargestellten Druckkammer der Einspritzdüse herrscht praktisch ständig Common-Rail-Druck, so auch während des Einspritzvorganges. Da während des Einspritzvorganges der Steuerraum 8 aber druckentlastet ist, liegt in dieser Phase eine besonders hohe Druckdifferenz zwischen der Druckkammer und dem Steuerraum 8 vor. Somit kann Fluid über die Führung der Druckstange 10 in den Steuerraum 8 gelangen und das Lecksystem 14 zusätzlich belasten. Diesem Effekt tritt die Erfindung entgegen. Wenn der Steuerraum 8 entlastet ist und sich die Druckstange 10 folglich nach oben bewegt hat, wird das Steuerventil 2 teilweise geschlossen, so daß sich zwar in dem Steuerraum 8 der Druck wieder erhöht, dieser aber unter dem Schließdruck der Einspritzdüse bleibt. Der von der Druckdifferenz begünstigte Leckstrom wird demzufolge vermindert.

Die Hub- und Druckverhältnisse in dem erfindungsgemäßen Einspritzsystem werden anhand der Fig. 2 näher erläutert. In dem oberen Diagramm (a) ist der Hub des Steuerventils H_{STV} gegen die Zeit t aufgetragen. In dem mittleren Diagramm (b) ist der Düsenhub H_D ebenfalls gegen die Zeit t aufgetragen. Im unteren Diagramm (c) ist der Druck im Steuerraum p_{STR} gegen die Zeit t aufgetragen. Die drei Diagramme (a), (b) und (c) sind so übereinander angeordnet, daß sich ihre Zeitachsen t entsprechen.

Vor dem Zeitpunkt t_1 befindet sich das Steuerventil in seinem Sitz. Der Hub des Steuerventils beträgt Null. Folglich baut sich in dem Steuerraum ein hoher Druck auf, was dazu führt, daß ebenfalls der Düsenhub Null beträgt. Im Zeitpunkt t_1 wird nun das Steuerventil betätigt, so daß sein Hub von Null verschieden wird. Dementsprechend wird der Steuerraum entlastet. Nach einer gewissen Zeitverzögerung öffnet ebenfalls die Düse. Zum Zeitpunkt t_2 befindet sich die Düse in ihrem vollständig geöffneten Zustand, und es liegt eine weitgehende Entlastung des Steuerraums vor.

In dem oberen Diagramm (a) der Fig. 2 ist durch die Kurve (i) dargestellt, wie sich der Hub des Steuerventils gemäß dem Stand der Technik weiterhin verhält. Das Steuerventil wird schlicht bei seinem maximalen Hub festgehalten, was dazu führt, daß auch der Druck gemäß der Kurve (i) im unteren Diagramm (c) aus Fig. 2 bei dem eingezeichneten niedrigen Wert bleibt. Folglich liegt gemäß dem Stand der Technik eine große Druckdifferenz zwischen dem Druckraum der Einspritzdüse und dem Steuerraum vor.

Der Verlauf des Hubs des Steuerventils gemäß der Erfindung ist in Fig. 2a durch die Kurve (ii) dargestellt. Nach dem Zeitpunkt t_2 wird der Hub des Steuerventils verringert, so daß sich der Druck im Steuerraum gemäß der Fig. 2c und der dort eingezeichneten Kurve (ii) erhöht. Diese Druckerhöhung erfolgt jedoch nur bis zu einem Druck $p_C - \Delta p$, wobei p_C der Schließdruck der Einspritzdüse ist. Folglich ändert sich der Düsenhub aufgrund der Druckerhöhung im Steuerraum nicht, was anhand von Fig. 2b zu erkennen ist.

Nachfolgend wird der Hub des Steuerventils wieder auf Null zurückgeführt, der Druck im Steuerraum übersteigt den Schließdruck p_C der Düse, und der Düsenhub geht folglich auch wieder auf den Wert Null.

Bei der Darstellung in Fig. 2 ist zu beachten, daß in Fig. 2a tatsächlich der relative Hub des Steuerventils bezüglich seiner Ventilsitze dargestellt ist. Wird beispielsweise ein Steuerventil mit zwei Ventilsitzen verwendet, so kann die erste abfallende Flanke der Kurve (ii) durch eine weitere Bewegung des Steuerventils in die ursprüngliche Richtung oder auch durch eine Bewegungsumkehr herbeigeführt werden.

Diese Zusammenhänge sind nochmals in Fig. 3 näher erläutert, in welcher der Strömungsquerschnitt Q gegen den absoluten Hub H'_{STV} dargestellt ist. Die Größe H'_{STV} ist somit der tatsächliche Hub des Steuerventils aus seinem ersten Ventilsitz (Sitz 1) und nicht, wie bei Fig. 2a, der Relativhub bezüglich eines beliebigen Ventilsitzes. In Fig. 3 ist erkennbar, daß der Strömungsquerschnitt Q durch einen geeignet gewählten Hub H'_{STV} zwischen Null und einem Maximalwert eingestellt werden kann. Durch geeignete Ansteuerung des Stellelementes und entsprechende Längenänderung kann also ein geeigneter Hub H'_{STV} und somit auch ein geeigneter Strömungsquerschnitt Q eingestellt werden. Die Einstellung eines reduzierten Strömungsquerschnittes, beispielsweise Q_1 , führt dann zu der erfindungsgemäß vorteilhaften Druckerhöhung im Steuerraum gemäß Fig. 2c.

Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

Patentansprüche

1. Einspritzeinrichtung mit einem Steuerventil (2), einem Stellelement zum Betätigen des Steuerventils (2), einer Einspritzdüse, welche von dem Steuerventil (2) über Druckaufbau bzw. Druckabbau in einem Steuerraum (8) steuerbar ist, wobei das Steuerventil (2) mindestens zwei Schaltzustände hat und sich in einem ersten Schaltzustand des Steuerventils (2) ein erster Druck in dem Steuerraum (8) einstellt, bei dem die Einspritzdüse geschlossen ist, und sich in einem zweiten Schaltzustand des Steuerventils (2) ein zweiter Druck in dem Steuerraum (8) einstellt, bei dem die Einspritzdüse geöffnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerventil (2) mindestens einen dritten Schaltzustand hat, in dem sich ein dritter Druck in dem Steuerraum (8) einstellt, welcher zwischen dem ersten Druck und dem zweiten Druck liegt und bei dem die Einspritzdüse geöffnet ist.
2. Einspritzeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement ein Piezoaktor ist, welcher durch elektrische Ansteuerung eine Längenänderung erfährt.
3. Einspritzeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerventil (2) einen vierten Schaltzustand hat, in dem sich ein Druck in dem Steuerraum (8) einstellt, bei dem die Einspritzdüse geschlossen ist.
4. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerraum (8) teilweise von einer Stirnfläche einer Druckstange (10) der Einspritzdüse begrenzt ist.
5. Einspritzeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckstange (10) der Einspritz-

düse von elastischen Mitteln mit Kraft beaufschlagt ist. :

6. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Steuerventil (2) in dem ersten Schaltzustand in einem ersten Ventilsitz (4) befindet, so daß der Steuerraum (8) von einem Lecksystem (14) getrennt ist, daß sich das Steuerventil (2) in dem zweiten Schaltzustand nicht in einem Ventilsitz (4, 6) befindet, so daß der Steuerraum mit einem Lecksystem (14) über einen ersten Strömungsquerschnitt verbunden ist, und daß sich das Steuerventil (2) in dem dritten Schaltzustand nicht in einem Ventilsitz (4, 6) befindet, so daß der Steuerraum (8) mit einem Lecksystem (14) über einen zweiten Strömungsquerschnitt verbunden ist, wobei der erste Strömungsquerschnitt größer ist als der zweite Strömungsquerschnitt.

7. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Steuerventil (2) in einem vierten Schaltzustand in einem zweiten Ventilsitz (6) befindet, so daß der Steuerraum (8) von einem Lecksystem (14) getrennt ist.

8. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Einspritzdruck von einem Common-Rail (16) erzeugt wird.

9. Verfahren zum Einspritzen von Fluid, bei dem ein Stellelement elektrisch angesteuert wird, das Stellelement ein Steuerventil (2) betätigt, durch die Betätigung des Steuerventils (2) ein Druck in einem Steuerraum (8) aufgebaut oder abgebaut wird und die Einspritzdüse abhängig von dem Druck in dem Steuerraum (8) öffnet oder schließt, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Ansteuern des Stellelementes das Steuerventil (2) zunächst von einem ersten Schaltzustand in einen zweiten Schaltzustand von mindestens drei Schaltzuständen gebracht wird, wodurch der Druck in dem Steuerraum (8) abgebaut wird und die Einspritzdüse öffnet, das durch weitergehendes Ansteuern des Stellelementes das Steuerventil (2) in einen dritten Schaltzustand von mindestens drei Schaltzuständen gebracht wird, wodurch ein Druck in dem Steuerraum (8) aufgebaut wird und die Einspritzdüse in geöffnetem Zustand bleibt, und daß durch weitergehendes Ansteuern des Stellelementes das Steuerventil (2) in einen weiteren Schaltzustand gebracht wird, in dem ein Druck in dem Steuerraum (8) weitergehend aufgebaut wird, wodurch die Einspritzdüse schließt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Steuerventil (2) in dem ersten Schaltzustand in einem ersten Ventilsitz (4) befindet und daß der weitere Schaltzustand dem ersten Schaltzustand entspricht.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Steuerventil (2) in dem weiteren Schaltzustand in einem zweiten Ventilsitz (6) befindet.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß in dem ersten Schaltzustand des Steuerventils (2) und dem weiteren Schaltzustand des Steuerventils (2) der Steuerraum (8) von einem Lecksystem (14) getrennt wird und daß in dem zweiten Schaltzustand des Steuerventils (2) und dem dritten Schaltzustand des Steuerventils (2) der Steuerraum (8) mit dem Lecksystem (14) verbunden wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsquerschnitt durch das Steuerventil (2) in dem zweiten Schaltzustand des Steuerventils (2) größer ist als in dem dritten

Schaltzustand des Steuerventils (2).

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

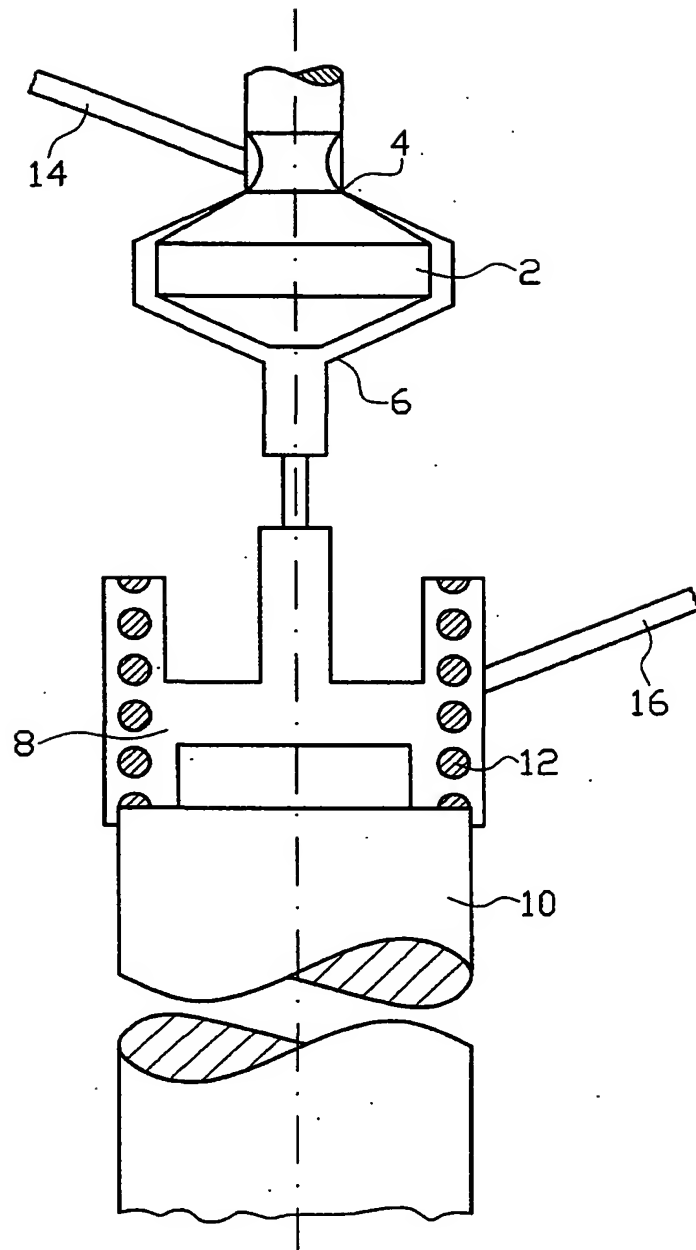


Fig.1

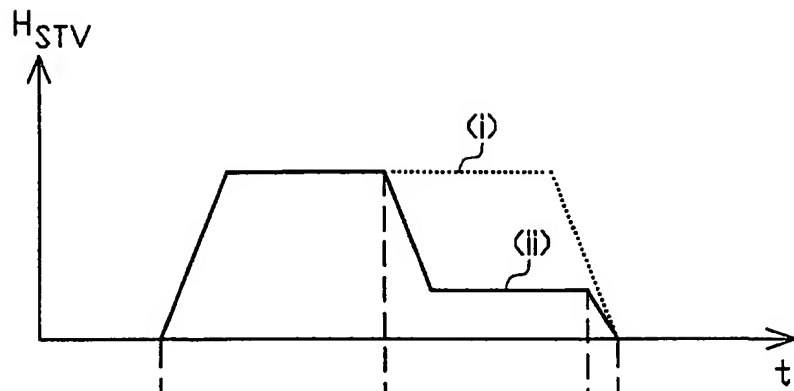


Fig. 2a

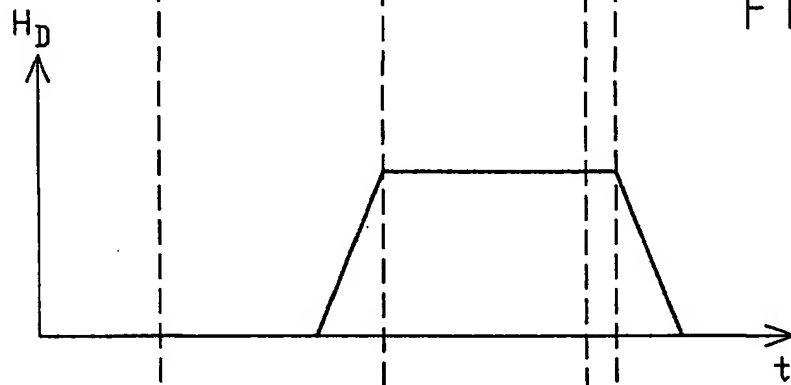


Fig. 2b

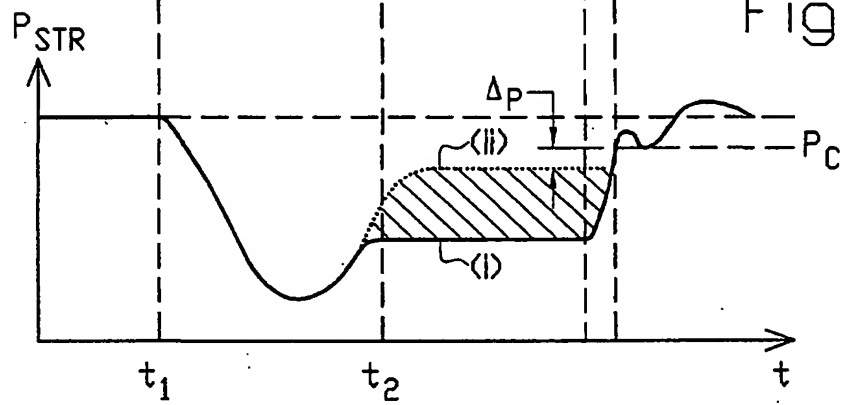


Fig. 2c

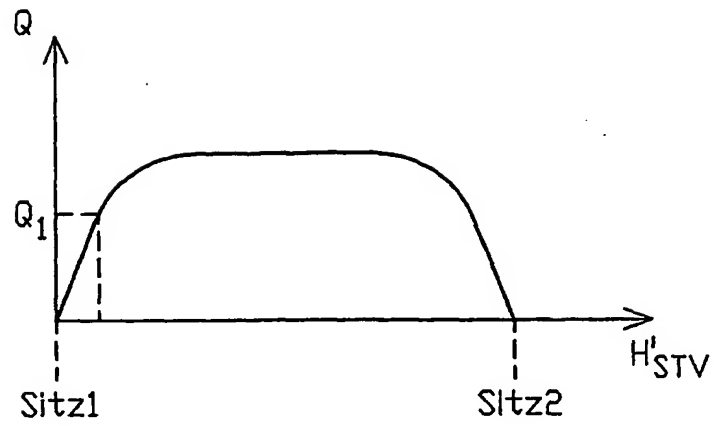


Fig.3